

УДК 794.01

Г. С. КРИНЧИК, С. Х. ГИРШОВИЧУС, А. П. ХРЕБТОВ,
Н. С. РОЗОВСКИЙ

МАГНИТООПТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАМАГНИЧЕННОСТИ МАГНИТОПРОВОДА В ОКРЕСТНОСТИ МИКРОЗАЗОРА

Описан магнитооптический метод измерения намагниченности тонкого поверхностного слоя ферромагнетика в объеме 10^{-13} см³. Дана схема и описан принцип действия микромагнитометра, использованного для исследования топографии намагниченности вблизи микронеоднородностей магнитопровода. Приведены результаты исследования распределения намагниченности в рабочей зоне магнитной головки, с зазором 3,5 мкм. Показана схема расчета рабочего поля магнитной головки по результатам измерения намагниченности.

Интерес к экспериментальному исследованию микро топографии намагниченности рабочей поверхности магнитопровода вблизи микрозазора (наиболее типичным примером такого устройства являются головки для магнитной записи) обусловлен следующими причинами. Во-первых, рабочее поле магнитной головки однозначно определяется нормальным компонентом намагниченности на ее поверхности. Во-вторых, так как поле непосредственно на поверхности магнитной головки равно нормальной составляющей индукции на этой же поверхности, то для оценки и сравнения полей головок во многих случаях достаточно знать только величину нормального компонента намагниченности. В-третьих, достоверность результатов и точность магнитооптического метода исследования микро топографии намагниченности выше, чем известного метода измерения поля над зазором магнитной головки с использованием магнитооптического датчика поля [1], так как отсутствуют погрешность отсчета расстояния от рабочей поверхности головки и искажения исследуемого поля, вызванные датчиком. В-четвертых, исследования микро топографии намагниченности магнитопровода вблизи микрозазора позволят аналогичным образом решать другие практически важные физические задачи, например, измерение распределения намагниченности на пермалловых аппликациях в устройствах с цилиндрическими доменами, исследование намагниченности вблизи микродефектов, резкой границы массивного ферромагнитного образца или вблизи границы двух разнородных ферромагнитных областей, например, в гетерогенных высокоэрицивных сплавах и т. д.

Магнитооптический метод измерения намагниченности

Применявшийся нами магнитооптический метод исследования намагниченности тонкого (порядка 300 Å) поверхностного слоя ферромагнитного зеркала основан на использовании для измерений эффектов Керра. Известно, что полярный, меридиональный и экваториальный эффекты Керра [2] являются линейной функцией намагниченности ферромагнитного зеркала, т. е.

$$\delta = aI, \quad (1)$$

где δ — величина магнитооптического эффекта Керра, I — намагниченность, a — коэффициент, зависящий от материала образца, угла падения и длины волны света. При насыщении ферромагнитного образца

$$\delta_s = aI_s, \quad (2)$$

где индекс s означает насыщение ферромагнетика.

Магнитооптический метод измерения намагниченности заключается в измерении одного из эффектов Керра при отражении света от ферромагнитного зеркала и в определении коэффициента a , который можно найти по соотношению (2) при насыщении образца. Выбор для измерений определенного магнитооптического эффекта Керра определяется ориентацией измеряемого компонента вектора намагниченности, спектральной зависимостью выбранного эффекта для данного материала и технологичностью измерения.

Магнитооптический микромагнитометр

В экспериментальной установке для исследования микрофотографии намагниченности в окрестности рабочего зазора магнитной головки — магнитооптическом магнитометре — для измерения продольного (вдоль оси x)¹ компонента намагниченности использовалась методика экваториального эффекта, а для перпендикулярного (вдоль оси y) — методика полярного эффекта Керра. Блок-схема магнитооптического магнитометра приведена на рис. 1. Микромагнитометр собран на базе металлографического микроскопа МИМ-8, позволяющего получить линейное разрешение в один мкм с возможностью оперативной перестройки с наблюдения одного эффекта Керра на другой. Использование динамического метода измерений [1, 3] в магнитооптическом микромагнитометре позволило увеличить отношение сигнал/шум на выходе установки и повысить надежность измерений. Принцип работы установки заключается в следующем. При использовании для измерения продольного компонента намагниченности экваториального эффекта Керра, который заключается в изменении интенсивности p -компонента света (вектор e которого лежит в плоскости падения света) при отражении от намагниченного ферромагнитного образца; свет падает на поверхность сердечника магнитной головки под углом около 70°. После отражения от намагниченного сердечника свет с изменившейся интенсивностью, пройдя анализатор A , настроенный на p -компонент, регистрируется приемником света — фотоэлектронным умножителем. Так как намагниченность рабочей поверхности магнитной головки меняется с частотой 80 Гц, то ток фотоумножителя будет иметь как постоянную составляющую, которая регистрируется гальва-

¹ Ось x лежит в плоскости магнитопровода перпендикулярно к зазору, а ось y — направлена нормально к плоскости магнитопровода головки.

нометром, так и переменную, которая регистрируется системой: селективный микровольт — метр ВБ-2 — синхронный детектор СД-1. В отличие от экваториального полярный эффект Керра, используемый для измерения перпендикулярного компонента намагниченности, представляет собой вращение плоскости поляризации линейно-поляризованного света при отражении его от намагниченного ферромагнетика, поэтому

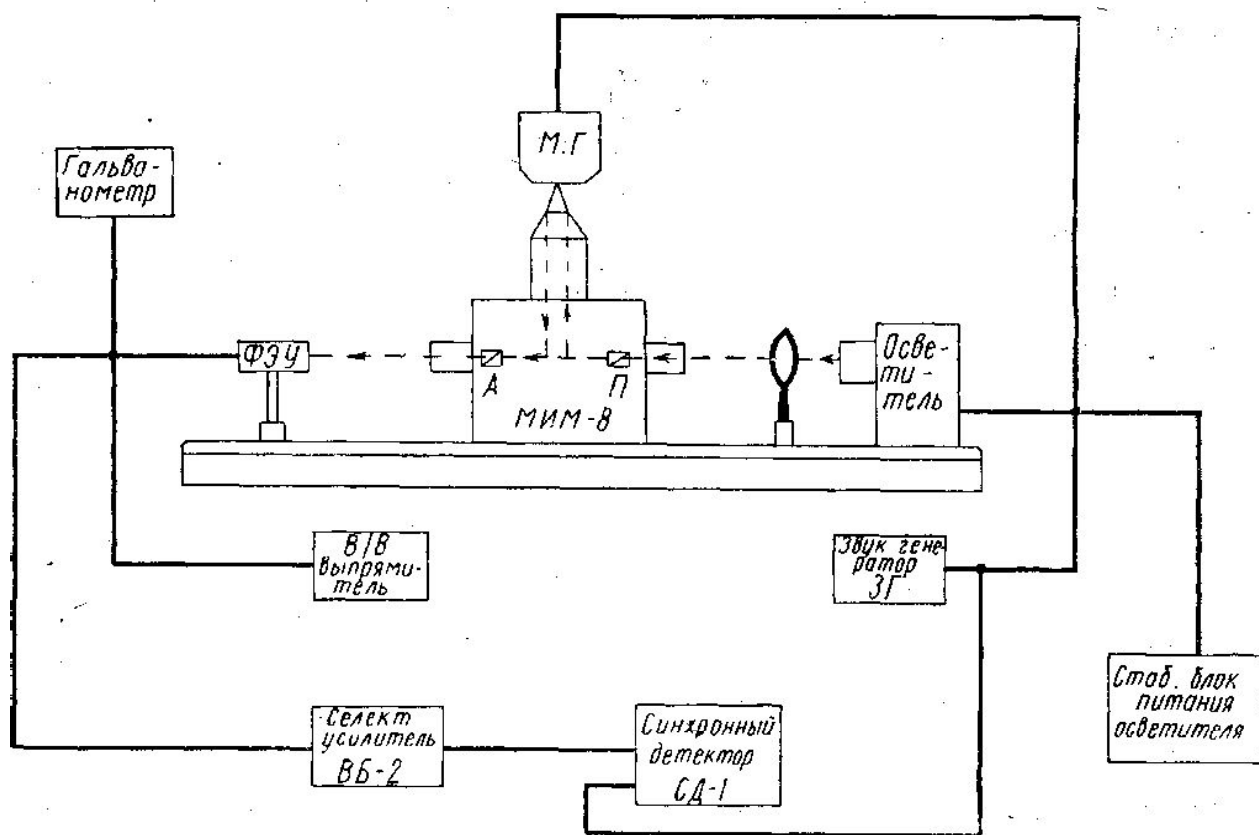


Рис. 1

для его наблюдения в оптическую систему дополнительно вводится поляризатор П. Измерение полярного эффекта ведется при нормальном падении света на рабочую поверхность магнитной головки. Анализатор в данном случае является «преобразователем» вращения плоскости поляризации линейно-поляризованного света в изменение его интенсивности, которое дальше регистрируется также как и для экваториального эффекта.

Исследование топографии обоих компонентов намагниченности в окрестности микрозора производится на неподвижной магнитной головке, установленной на предметном столике микроскопа. При этом перемещение от точки к точке на рабочей поверхности магнитной головки производится перемещением фотоумножителя в фокальной плоскости фототубуса микроскопа по изображению некоторого ее участка. Линейное разрешение магнитооптического микромагнитометра задается диафрагмой, установленной перед окном фотоумножителя.

Результаты измерения нормального компонента намагниченности рабочей поверхности магнитной головки

Для исследования нормального компонента намагниченности магнитопровода головки, изготовленного из пермаллоя 79-НМ с индук-

цией насыщения 8000 Гс, использовался полярный эффект Керра. Измерение полярного эффекта при насыщении для определения коэффициента a (калибровки) было проведено на магнитооптической установке с монохроматором ДМР-4 и осуществлялось на плоском образце, изготовленном из пермаллоя 79-НМ, намагниченном до насыщения в направлении y , в частотном диапазоне фотоприемника с последующим усреднением по этому диапазону.

На рис. 2 приведены результаты измерения топографии нормального компонента намагниченности магнитопровода головки с зазором, шириной 3,5 мкм, при токе в ее обмотке: $I=15$ мА, $2=1,5$ и $3=1$ мА. Измерения приведены на магнитооптическом микромагнитометре с

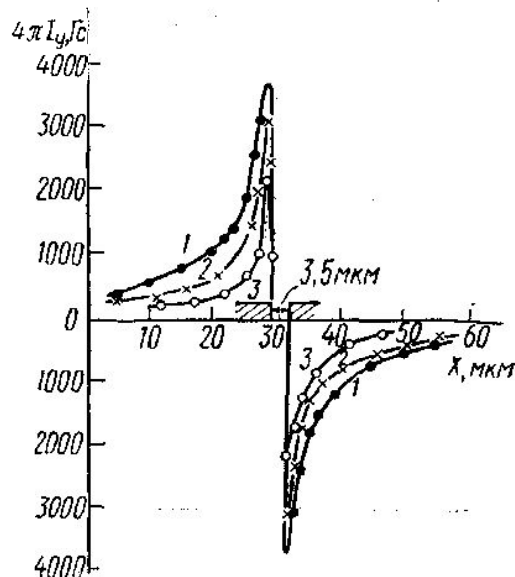


Рис. 2

Измерение продольного компонента намагниченности и связь компонентов намагниченности с полем магнитной головки

Калибровка, т. е. определение экваториального эффекта при насыщении x -компонента намагниченности рабочей поверхности магнитной

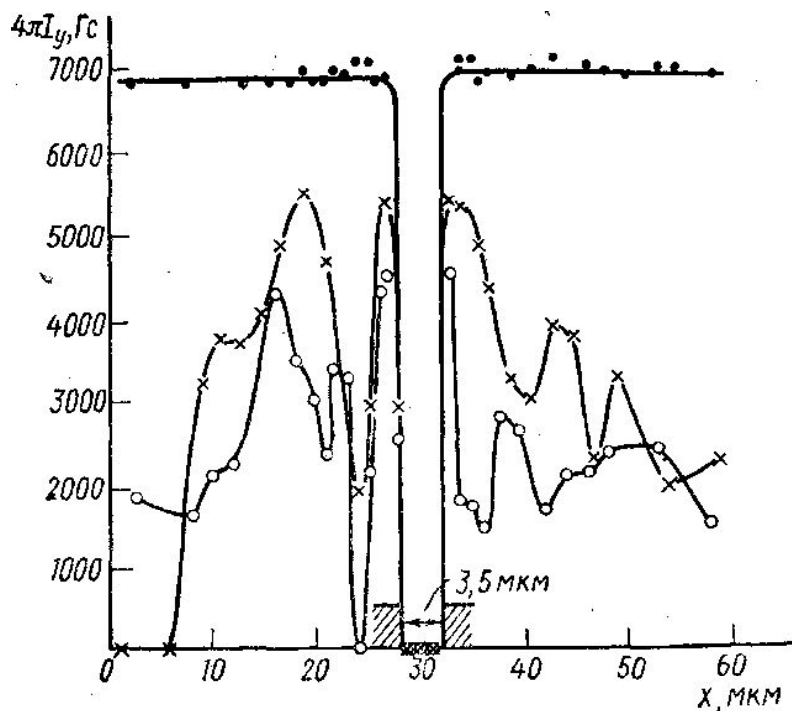


Рис. 3

головки, была проведена непосредственно на магнитооптическом микромагнитометре по измерению экваториального эффекта на намагниченном до насыщения электрополированном тороидальном сердечнике, изготовленном из пермаллоя 79-НМ. На рис. 3 приведены результаты

измерения топографии продольного компонента намагниченности той же магнитной головки при тех же токах намагничивания и линейном разрешении.

При малых токах в обмотке головки на кривых продольного компонента намагниченности появляются заметные провалы. По всей

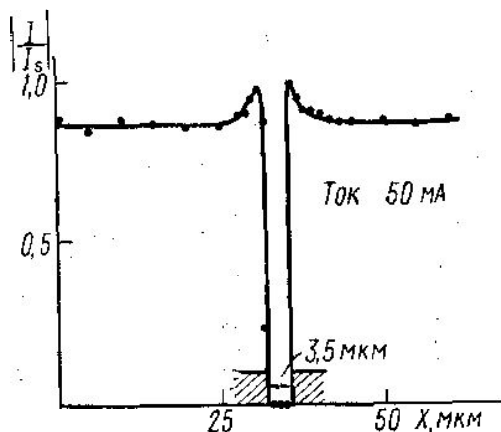


Рис. 4

вероятности, эти аномалии связаны со структурными и магнитными неоднородностями магнитопровода головки, причем в отдельных областях продольный компонент намагниченности очень резко изменяется по величине, в то время как нормальный практически однороден. Заметим также, что насыщение отдельно по каждому из компонентов намагниченности на поверхности магнитопровода не достигается. Явление насыщения по модулю наблюдается лишь в айоне еб а рабочего зазора магнитной головки (рис. 4).

Полученная выше информация о топографии намагниченности по существу достаточна для полного определения рабочего поля магнитной головки. Действительно, поскольку восприимчивость магнитопровода $\kappa \gg 1$, намагниченность определяет нормальный компонент напряженности $H_y|_{y=0}$ (3) на рабочей поверхности магнитной головки. Известно, что в рабочей зоне головки ($y < 0$) для скалярного магнитного потенциала ϕ справедливо уравнение Лапласа. Благодаря симметрии головки можно рассматривать только область $x \geq 0$. При этом

$$\phi|_{x=0} = 0. \quad (4)$$

Потенциал ϕ при $x=d$ легко получить из расчета магнитной цепи головки. В соответствии с (4) можно принять

$$\phi|_{y=0, 0 \leq x \leq d} = \frac{\Phi_0}{d} x, \quad (5)$$

где d — полуширина зазора головки.

Граничные условия (3) (с учетом того, что $H_y = -\frac{\partial \phi}{\partial y}$), (4), (5) и при $\phi=0$ на бесконечности совместно с уравнением Лапласа представляют третью (смешанную) краевую задачу, решение которой единственно и полностью определяет рабочее поле магнитной головки. На практике для решения рассмотренной задачи целесообразно применение интеграторов типа ЭГДА [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Кринчик Г. С., Четкин М. В. и др. «Приборы и техника эксперимента», № 6, 182, 1968.
2. Соколов А. В. Оптические свойства металлов. М., 1961.
3. Кринчик Г. С., Нурмухамедов Г. М., Золотарев В. П. «Приборы и техника эксперимента», № 4, 171, 1964.
4. Карлквист О. Расчет магнитного поля в ферромагнитном слое магнитного барабана. В сб.: «Магнитная запись электрических сигналов». М., 1967.
5. Волынский Б. А., Бухман В. Е. Модели для решения краевых задач. М., 1960.